



面向汽车行业 CAE&CFD 解决方案 全国巡回研讨会

上海
6.8

重庆
6.10

武汉
6.12

北京
6.16

长春
6.18



基于客户应用需求的高级CFD定制 - iconCFD

2015.06.16

IDAJ-China 技术部
www.idaj.cn



IDAJ-CHINA



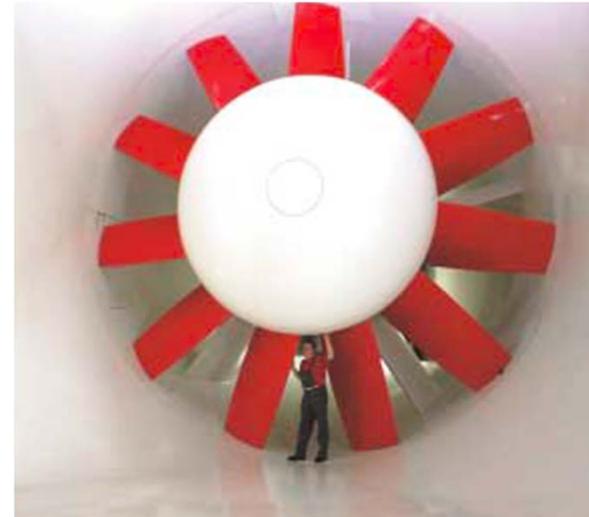
IDAJ艾迪捷

- 所有公司名，产品名，服务名是各个公司的商标或注册商标以及服务商标。
- 本资料包括保密信息。没有得到敝公司的同意，请不要使用，发布，复制本资料或本电子档。



目录

- 开源CFD代码及其应用特色
- IDAJ开源CFD解决方案 -- iconCFD
 - 工程化的开源CFD代码
 - 最新版本功能
 - 辅助前/后处理工具Ennova
 - 客户分布
 - 外气动计算成功案例
- 搭建“CFD数值风洞”
 - 什么是CFD数值风洞
 - 利用iconCFD搭建的优势
- 进排气道自动化CFD分析系统
- 总结



目录

- 开源CFD代码及其应用特色
- IDAJ开源CFD解决方案 -- iconCFD
 - 工程化的开源CFD代码
 - 最新版本功能
 - 辅助前/后处理工具Ennova
 - 客户分布
 - 外气动计算成功案例
- 搭建“CFD数值风洞”
 - 什么是CFD数值风洞
 - 利用iconCFD搭建的优势
- 进排气道自动化CFD分析系统
- 总结

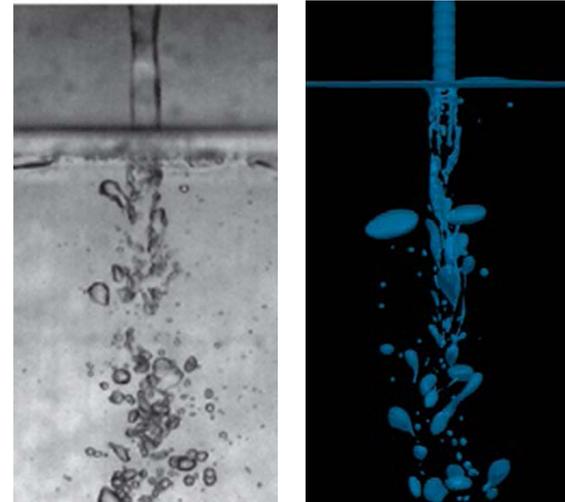


图 多相流模拟 (By Christian Kunkelmann)

开源CFD代码及其应用特色

■ 为什么要使用开源CFD代码



Aerodynamics Development Using Open-Source CFD Application of Open-Source CFD Technology

- OpenFOAM®-based open-source CFD toolbox chosen by Audi
 - Customised applications development, support and consulting
 - Based on public-domain OpenFOAM toolbox
- Multi-year project to fully integrate OpenFOAM-based application development process
 - Development and support by Icon and OpenCFD
 - Validation and integration in collaboration with Volkswagen
 - Details first published in SAE 2009-01-0333

- Full, exclusive productive use for vehicle development since January 2009

20 Dr. Moni Islam, Wind-Tunnel Centre

奥迪汽车从2009年已经完全使用开源CFD进行空气动力学车型开发！

Aerodynamics Development Using Open-Source CFD Current Aerodynamics CFD Productivity

- Current computing resources
 - NEC LX2200 cluster with 8064 cores (Intel Xeon E5-2660)
 - QDR Infiniband interconnect
 - Jobs run on 128 to 256 cores
 - Queueing system configured to run up to 10 jobs simultaneously
- Approximately 2700 aerodynamics jobs run per year
- More than 12000 OpenFOAM jobs overall (aero, underhood, HVAC) run per year at Audi



Open-source CFD technology successfully applied at Audi
for vehicle aerodynamics development!

28 Dr. Moni Islam, Wind-Tunnel Centre, 08. 11. 2013

Presented at IDAJ CAE Solutions Conference - Japan

Vorsprung durch Technik Audi

开源CFD代码及其应用特色

■ 为什么要使用开源CFD代码

➤ 技术优势

- 代码可以定制，用户可以根据自身需要“量体裁衣”
- 物理问题和所需的精度都可以控制
- 用户可以获得源代码，避免“黑盒子”问题
- 几乎具备所有的CFD代码功能，并且不断推出新的模型
- 完全并行构架，从前处理到计算完全并行处理，适合于大规模计算
- 高校和研究单位已经越来越多的使用

➤ 成本优势

- 避免商业软件开发商的禁售和功能锁定
- 节省许可证（License）费用，开源代码不像商业软件采用许可证限制用户/CPU数
- 适合匹配大规模计算硬件
- 适合进行相匹配的优化研究

开源CFD代码及其应用特色

■ 为什么要使用开源CFD代码

- 开源代码已经广泛应用于各个领域，其功能已经达到或超越商业软件的水平
- 开源的特色决定其未来会有更大的发展空间



redhat.



mozilla
FOUNDATION



开源CFD代码及其应用特色

■ OpenFOAM®(*注)

- OpenFOAM（Open Source Field Operation and Manipulation，意为开源的场运算和处理软件）是对连续介质力学问题进行数值计算的C++自由软件工具包，其代码遵守GNU通用公共许可证。它可进行数据预处理、后处理和自定义求解器，主要用于计算流体动力学(CFD)领域。是开源CFD代码中使用最广泛，用户最多的代码。

■ 应用优势

- 具有完善的CFD模型并且不断拓展，可以涵盖宽泛的工程领域；
- 具备非结构化多面体网格的处理能力；
- 具有标准求解器和各种延伸功能求解器；
- 已经用于各种工程问题的计算，积累了大量案例；
- 完全并行处理。

*注) OpenFOAM® is a registered trademark of OpenCFD Ltd.

开源CFD代码及其应用特色

■ OpenFOAM®主要功能:

- 基本的计算流体力学求解器
- 不可压流的雷诺平均纳维-斯托克斯方程法(RANS)和大涡流模拟法(LES)求解
- 可压流的RANS和LES求解
- 浮力流动求解器
- 直接数值模拟(DNS)
- 多相流体求解器
- 粒子跟踪求解器
- 燃烧问题求解器
- 耦合热传输求解器
- 分子动力学求解器
- 电磁学求解器
- 刚体动力学模拟器



图 汽蚀计算 (By Håkan Nilsson)

开源CFD代码及其应用特色

■ OpenFOAM®核心架构的实现是由大量的基础库完成的，其中包括：

- 张量和场操作
- 人工可读的偏微分方程离散化语法
- 线性系统求解
- 常微分方程求解
- 高级操作的自动并行化
- 动态网格
- 通用物理模型
 - 流变模型(Rheological models)
 - 热力学模型及相关的数据库
 - 湍流模型
 - 化学反应和动力学模型
 - 拉格朗日粒子追踪模型
 - 热辐射传输模型
 - 单参照系和多参照系方法

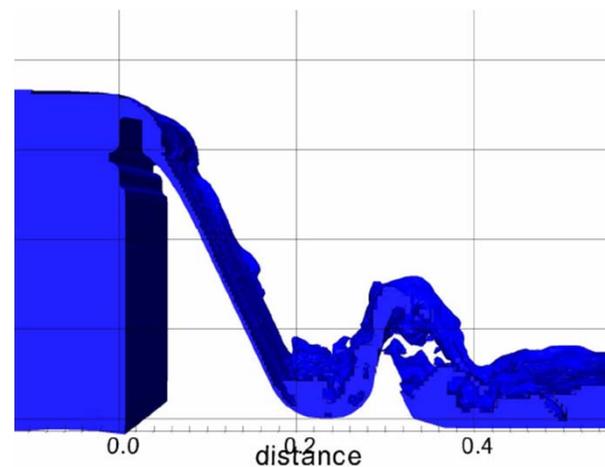


图 VOF计算 (By Franz Jacobsen)

目录

- 开源CFD代码及其应用特色
- IDAJ开源CFD解决方案 -- iconCFD
 - 工程化的开源CFD代码
 - 最新版本功能
 - 辅助前/后处理工具Ennova
 - 客户分布
 - 外气动计算成功案例
- 搭建“CFD数值风洞”
 - 什么是CFD数值风洞
 - 利用iconCFD搭建的优势
- 进排气道自动化CFD分析系统
- 总结

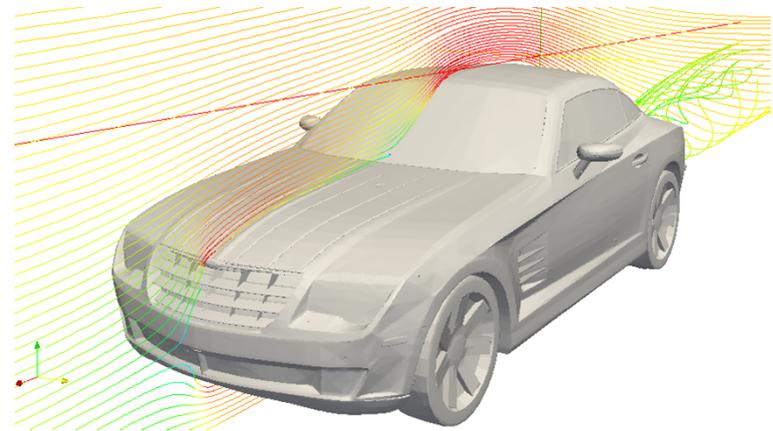


图 iconCFD外气动计算

IDAJ开源CFD解决方案 -- iconCFD

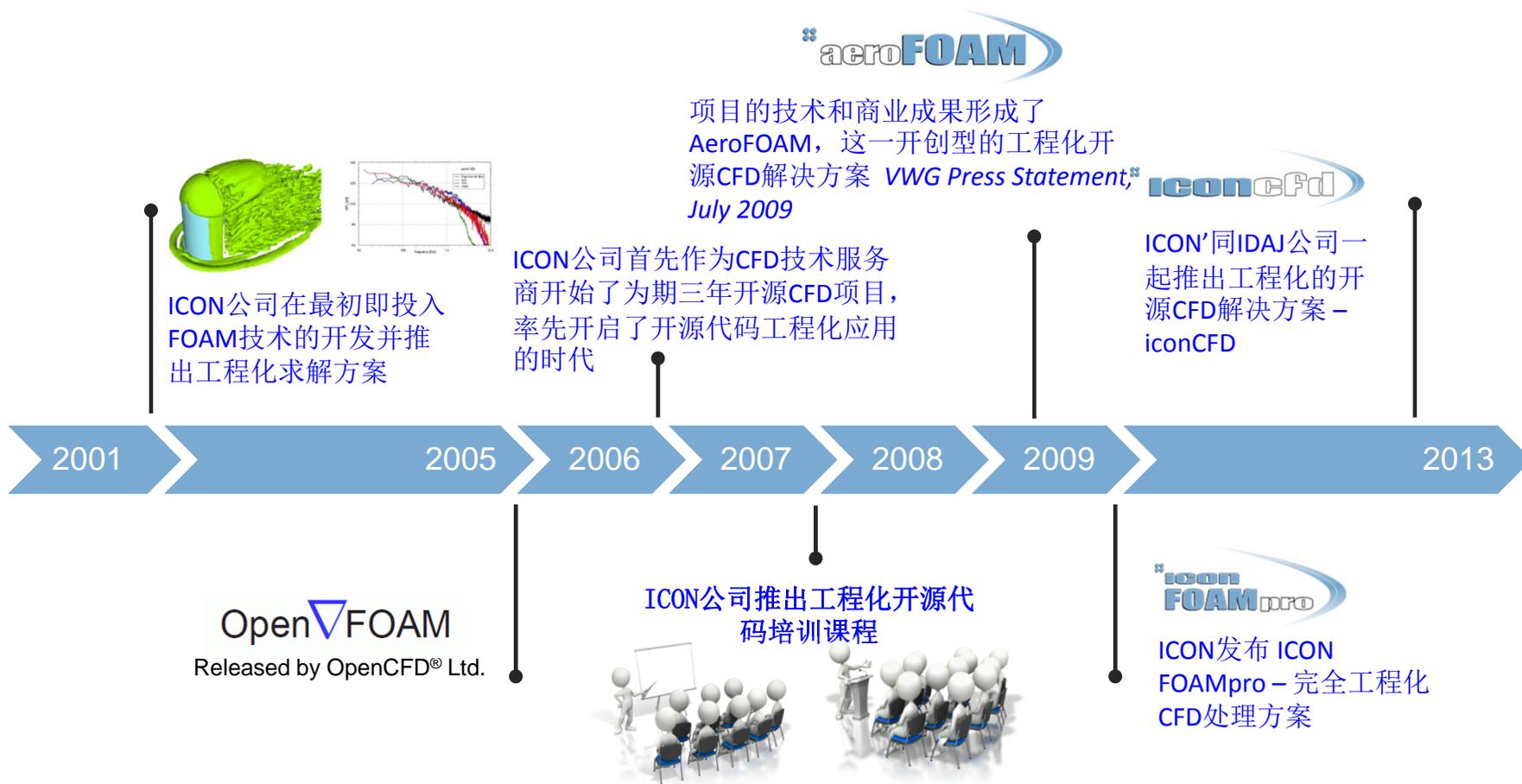
- OpenFOAM®具有显著的应用优势，但同时也有明显的不足
 - 没有图形用户界面(GUI)
 - 计算的调试需要用户个人经验：“CFD专家”
 - 缺少细致的技术文档和软件使用手册；
 - 缺少技术支持
 - 新用户不容易上手
- 针对上述不足，IDAJ联合ICON公司携手推出满足工程化需求的开源CFD解决方案iconCFD。



IDAJ开源CFD解决方案 -- iconCFD

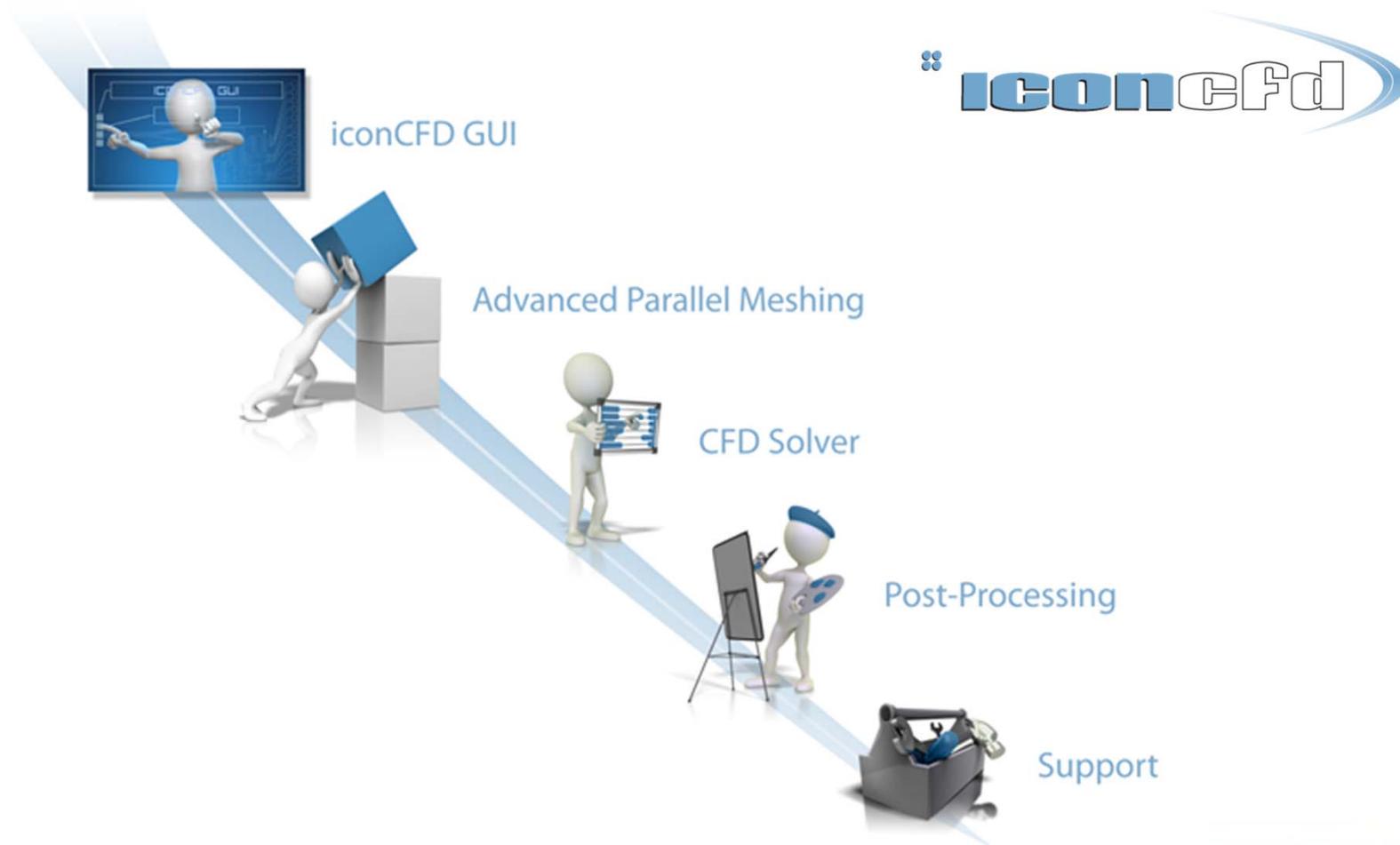
■ iconCFD -- 工程化的开源CFD代码

■ 开发历史:



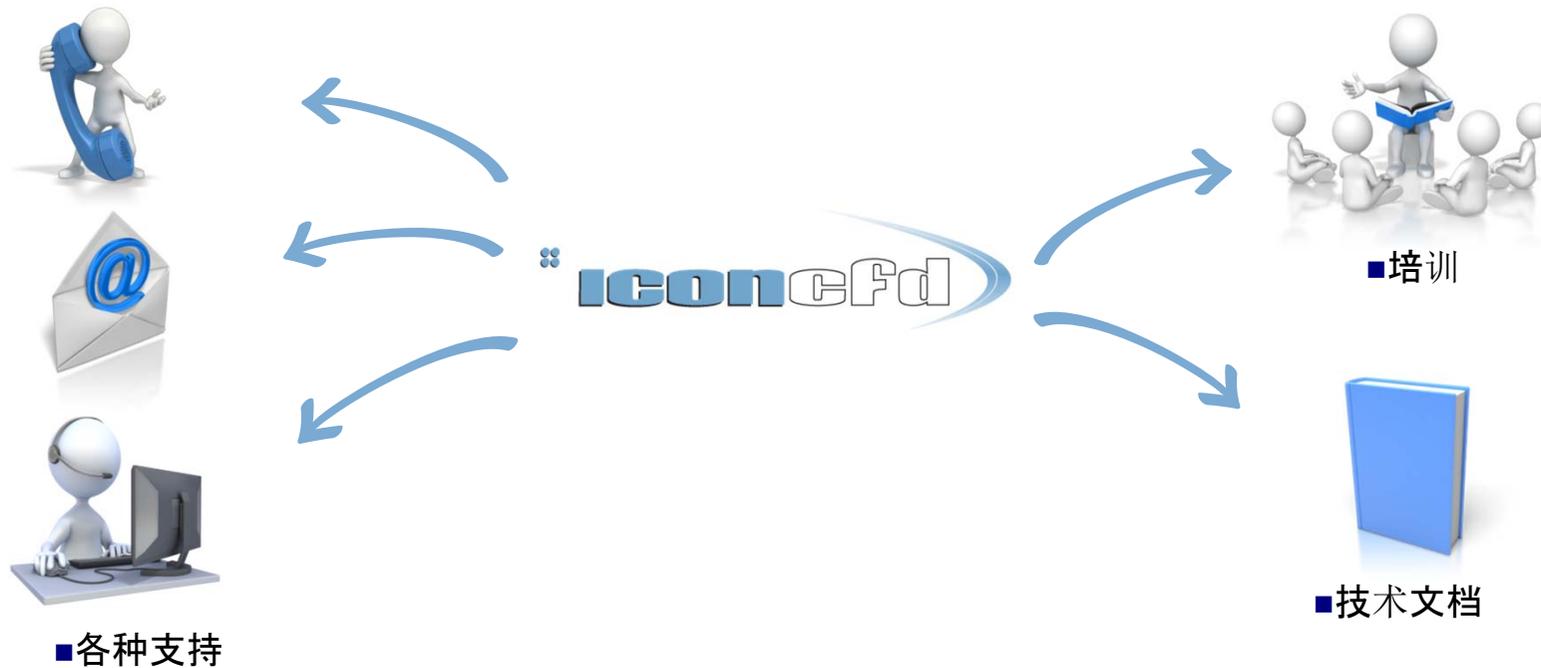
IDAJ开源CFD解决方案 -- iconCFD

- iconCFD -- 工程化的开源CFD代码
 - 仿真工作流程：



IDAJ开源CFD解决方案 -- iconCFD

- iconCFD -- 工程化的开源CFD代码
 - 完善的配套技术支持方案：



iconCFD最新版本功能

- iconCFD从前处理、求解器到后处理均相对于OpenFOAM进行了改进和优化
 - 具有GUI用于设定
 - 改进体网格功能，特别适合于处理工程实际模型
 - 提升了求解器的稳定性和精度
 - 具备技术文档
 - 提供技术培训和支撑

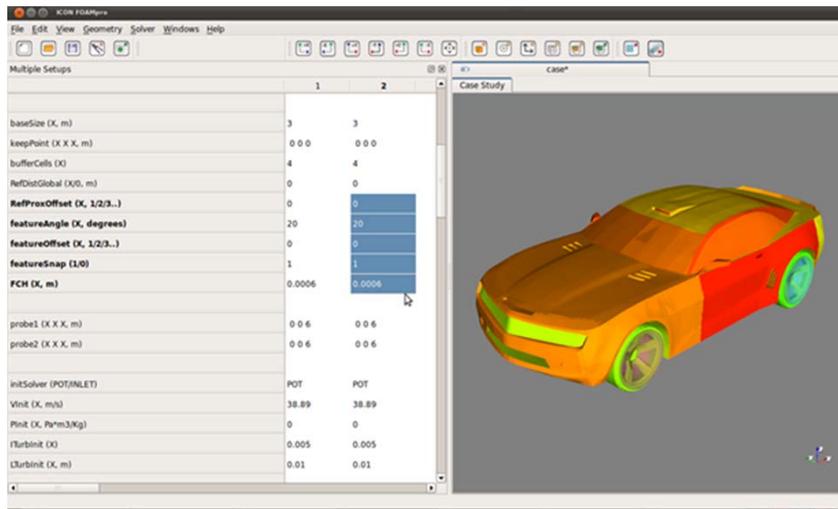


图 iconCFD GUI

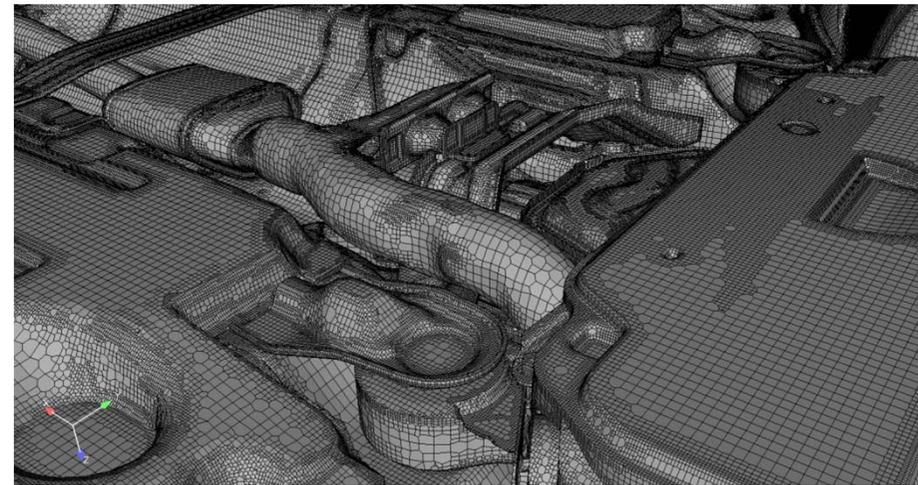
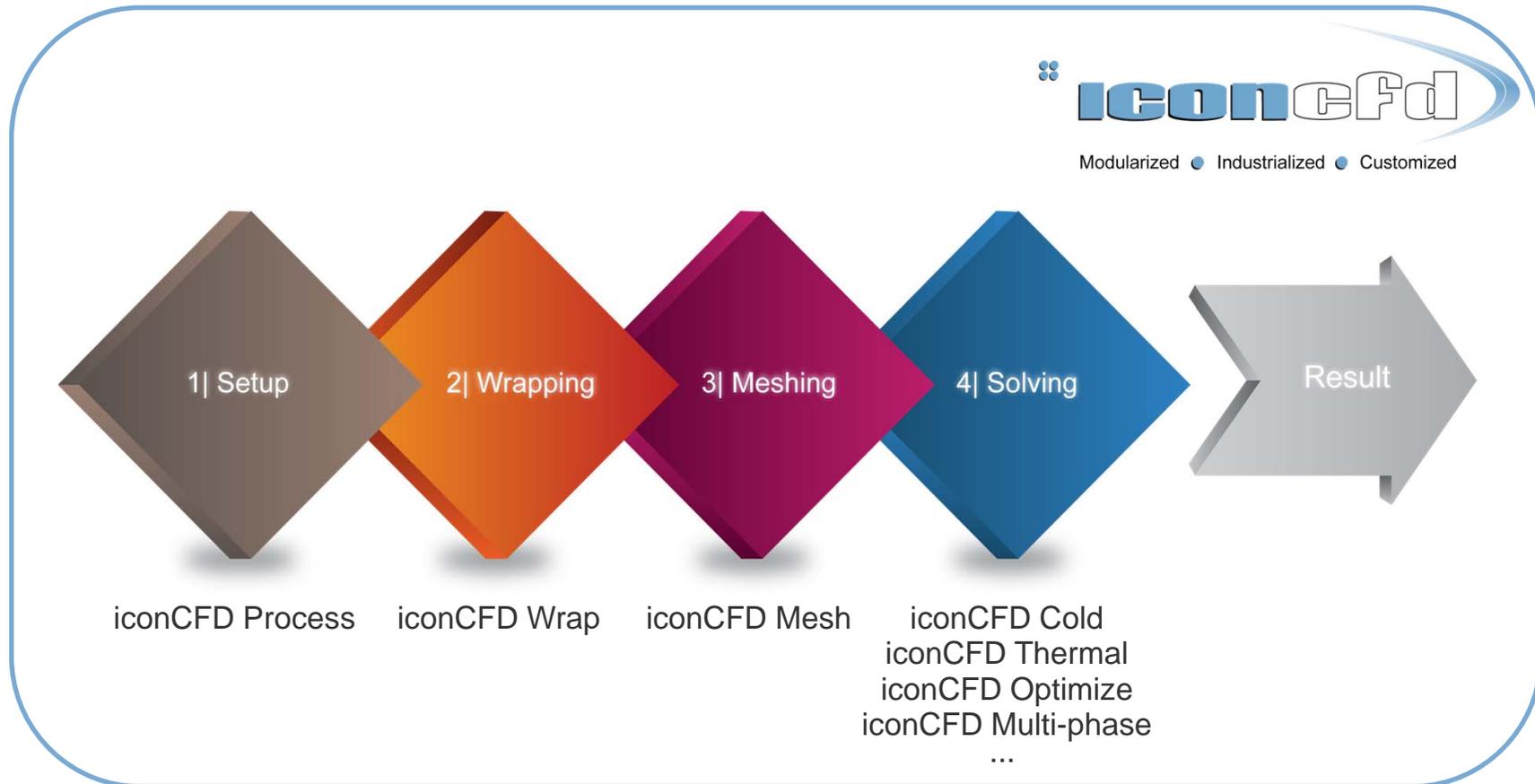


图 iconCFD网格工程案例

(Integration of ICON FOAMpro Into Automotive CAE Environments
OSCIC 2011)

iconCFD最新版本功能

■ iconCFD工作流程



辅助前/后处理工具 *Ennova*

■ Ennova(*注)介绍:

- Ennova 是一款多功能前-后处理工具
- 用于支持IDAJ开源CFD解决方案工作流程
- 同时可作为专业的网格前处理工具和CFD计算结果后处理工具

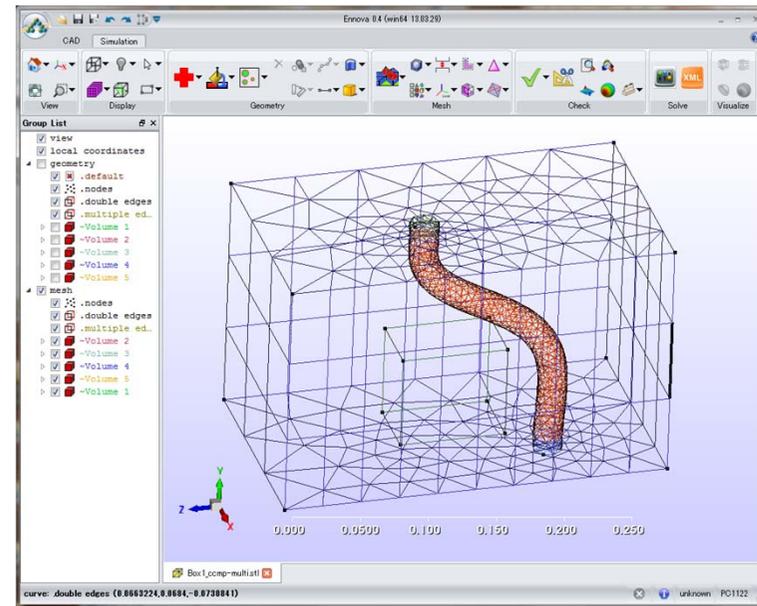


*注) Ennova is developed between IDAJ and Ennova Tech.

辅助前/后处理工具 *Ennova*

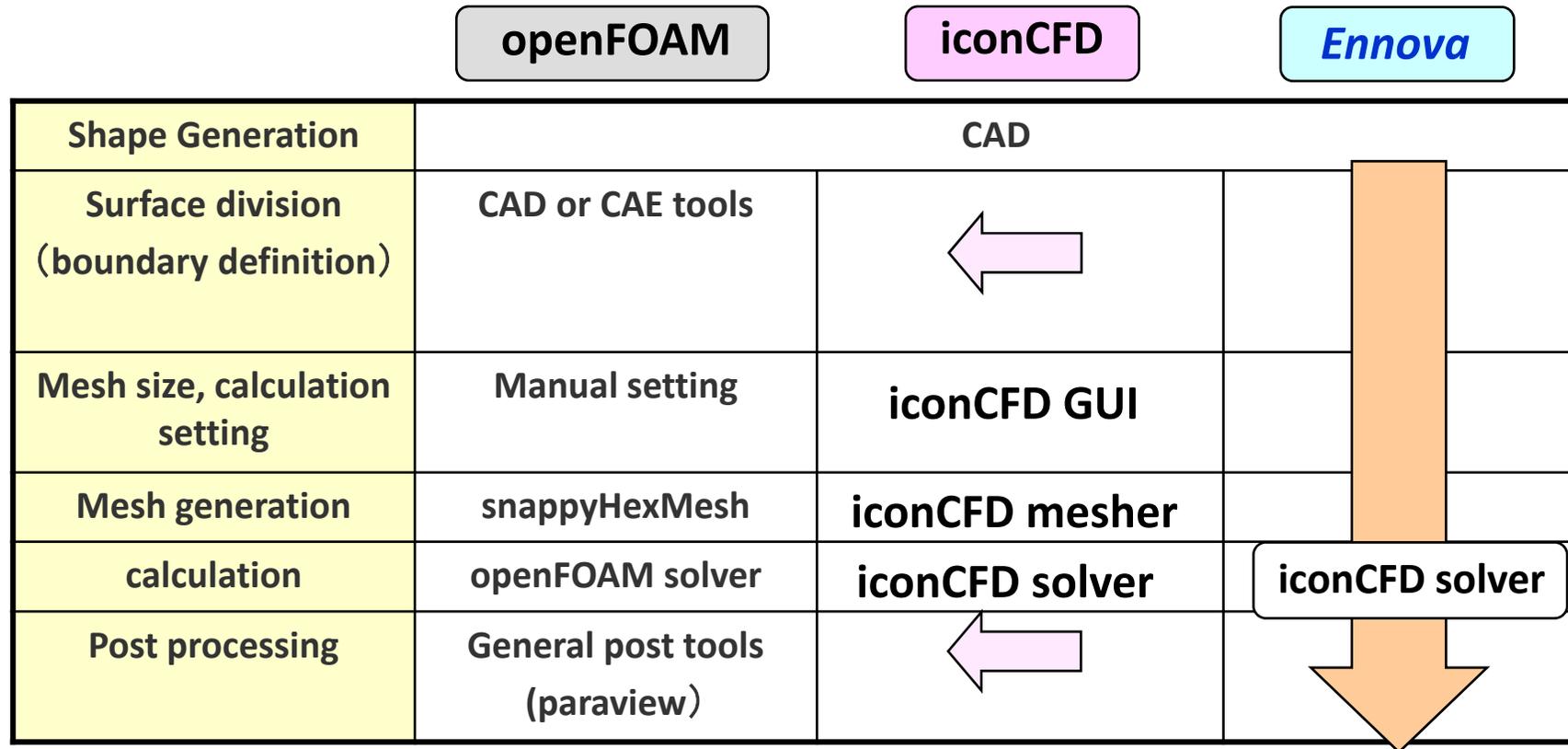
■ 主要功能

- 同CAD软件具有良好的关联性
 - CAD interface
 - 可读取STL,STEP,IGES
- 网格功能
 - 几何/网格修整
 - 设计原始形状
 - 包面功能
 - 两种体网格生成方法(可无需封闭表面)
- 友好易用的GUI
- 可输出网格和计算设定给iconCFD求解器(或其他商业CFD求解器)
- 后处理功能



辅助前/后处理工具 *Ennova*

■ 工作流程



客户介绍

- iconCFD在海外客户分布：欧美

Automotive



Automotive supplier



Oil & Gas



Rail transportation



Aerospace



Built environment



Defence & Security



客户介绍

- iconCFD在海外客户分布：日本



- iconCFD在国内的客户：



西南交通大学
Southwest Jiaotong University



国家核电技术研发中心
STATE NUCLEAR POWER TECHNOLOGY RESEARCH & DEVELOPMENT CENTRE

外气动计算成功案例

- 欧美：大众汽车（重点客户）



- 计算结果首次发表于2009年 SAE World Congress
- *(Full Paper SAE 2009-01-0333 : "Application of Detached-Eddy Simulation for Automotive Aerodynamics")*

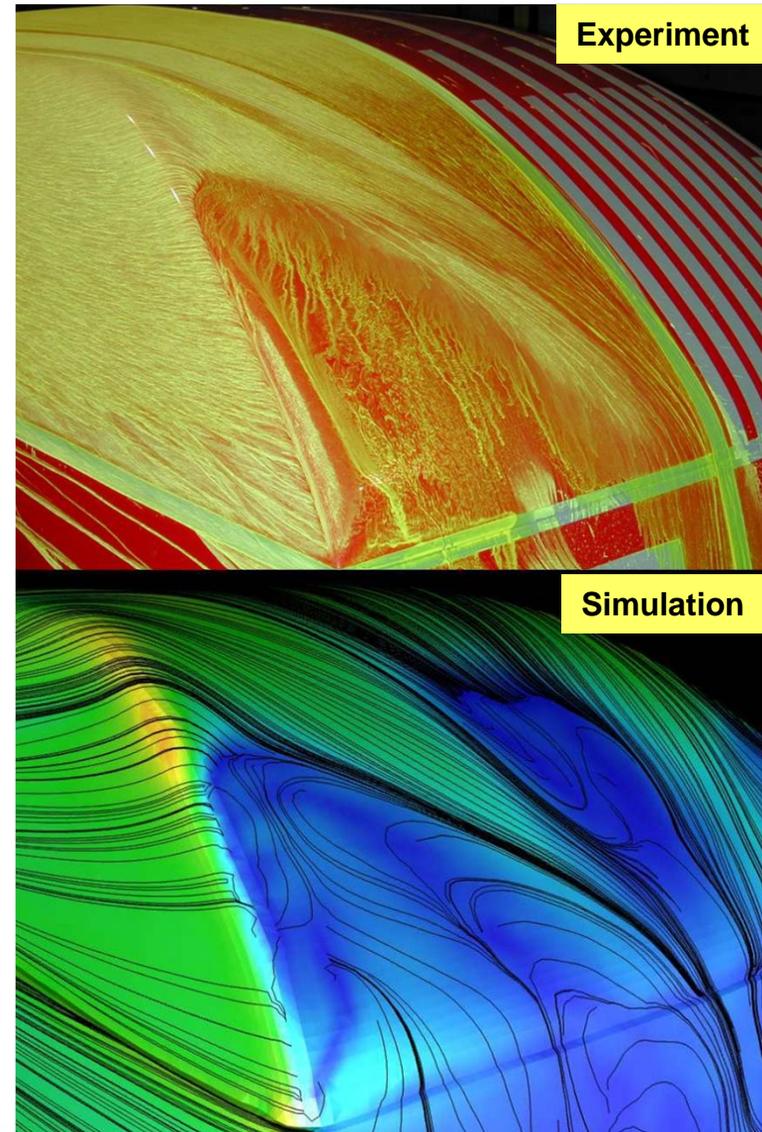


外气动计算成功案例

- 欧美：大众汽车
 - 概念车



VW RED MODEL



Experiment

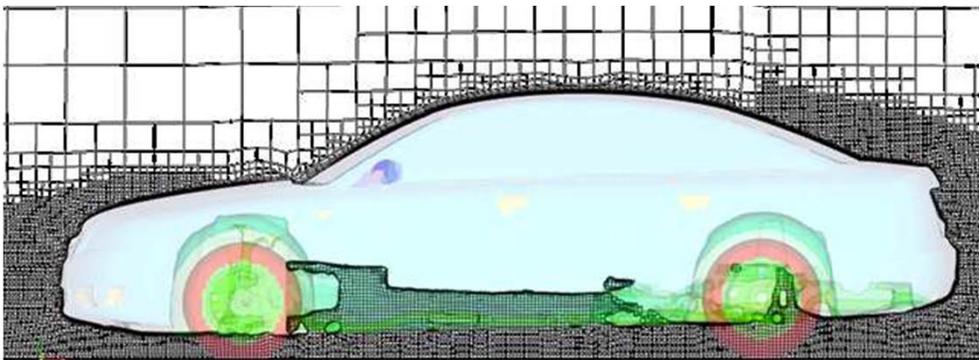
Simulation

外气动计算成功案例

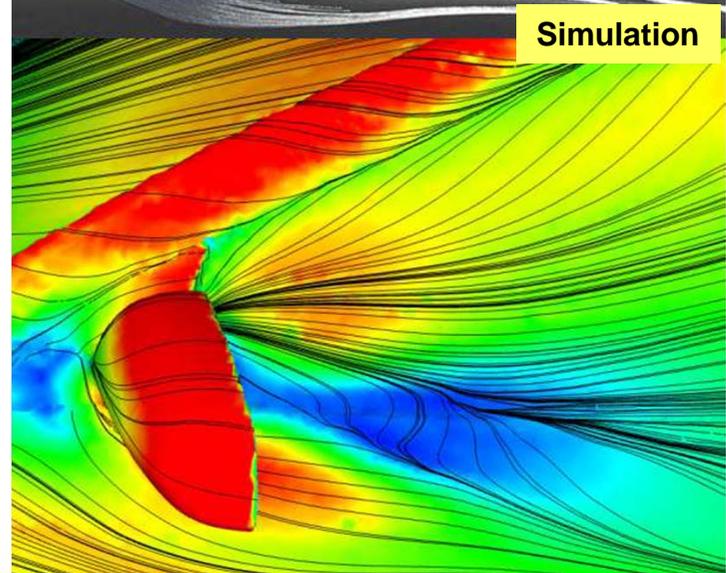
- 欧美：大众汽车
 - 量产车



AUDI A6



Experiment

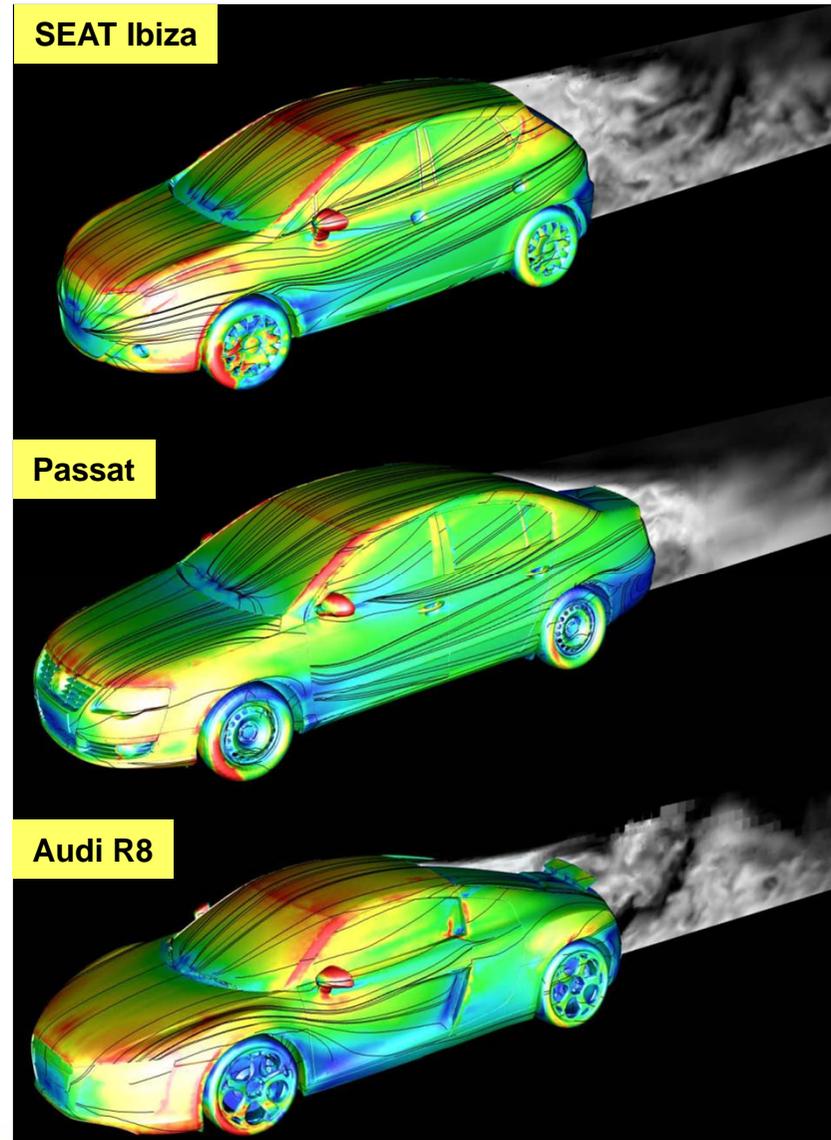


Simulation

外气动计算成功案例

- 欧美：大众汽车
 - 量产车

	Δc_D [-]	Δc_{Lf} [-]	Δc_{Lr} [-]
SEAT Ibiza	0.018	-0.017	0.045
SEAT Leon	0.021	-0.005	0.030
VW Golf	0.003	0.034	0.024
VW Passat	0.011	-0.033	0.035
VW New Beetle	0.016	0.001	0.030
Audi A3	0.007	-0.018	0.034
Audi A5	0.011	-0.036	0.031
Audi A6	-0.004	0.002	0.026
Audi Q5	-0.001	-0.006	0.047
Audi TT	-0.001	-0.006	0.051
Audi R8	0.022	0.021	-0.012



外气动计算成功案例

■ 欧美：福特汽车

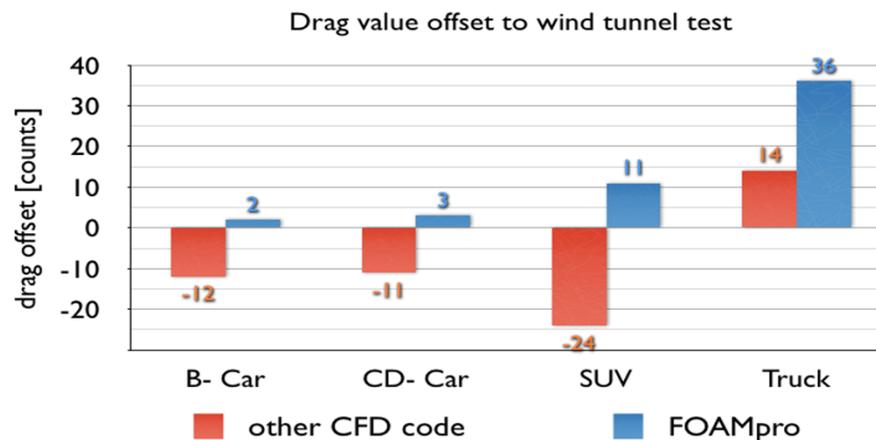
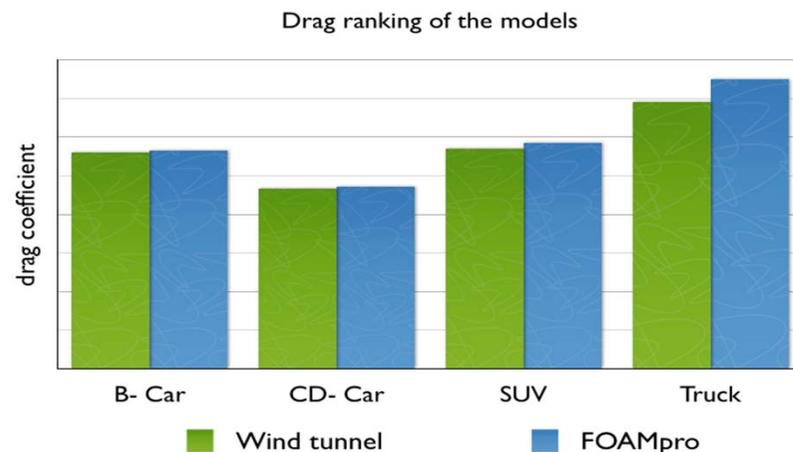
- 对不同车型采用DES模型计算，使用风洞试验结果对数值计算结果进行了验证，同时也同商业软件进行了对比；
- 对复杂几何创建网格非常稳定和快速 (约8千万体网格规模)
- 相关分析结果发表于SAE2011国际会议 (SAE 2011-01-0163)；



外气动计算成功案例

■ 欧美：福特汽车

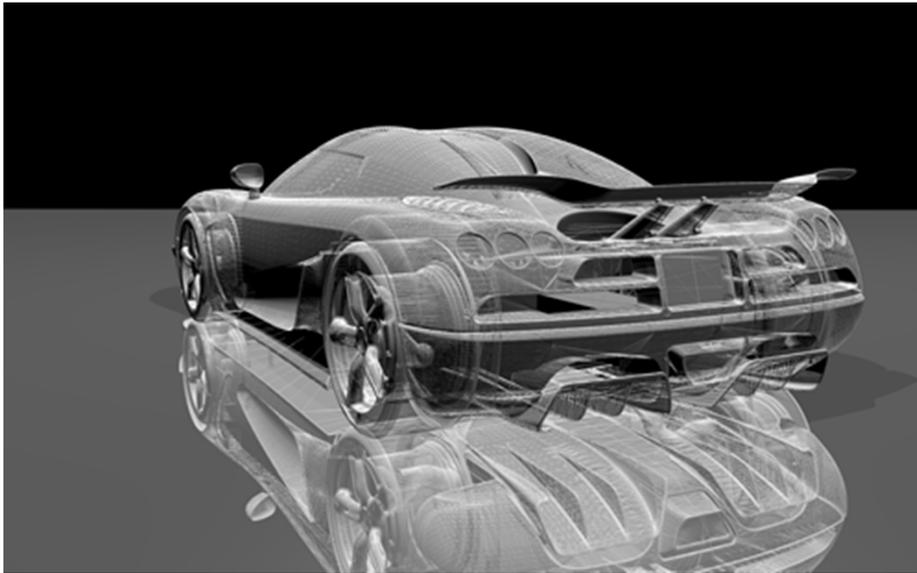
- SUV, B- 和 CD- 车计算结果和风洞结果的偏差小于3%
- B- 和 CD- 车的阻力系数偏差小于5 counts
- 卡车的计算结果高于试验结果(约8%)
- 相对于商业软件, iconCFD的计算结果相对试验的偏差具有一致性



外气动计算成功案例

■ 欧美：科尼赛克

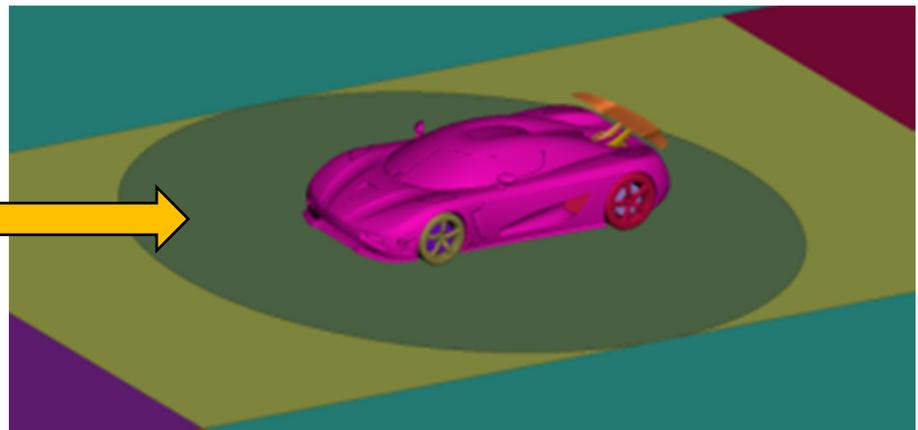
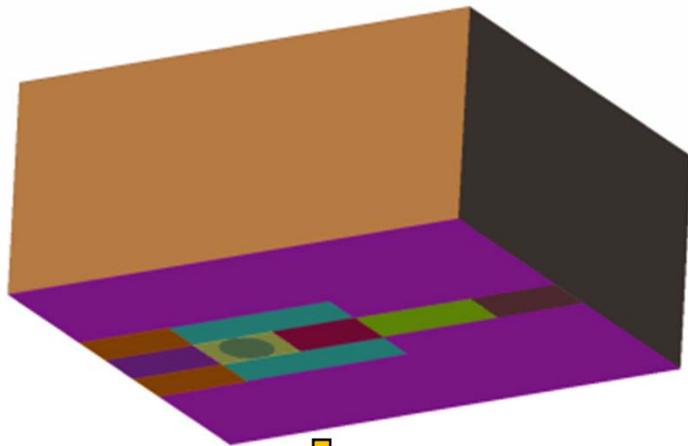
- 超级跑车：完全采用iconCFD，作为独家CFD代码



*) 参见IDAJ公司新闻: <http://www.idaj.cn/news/show/id/3425>

外气动计算成功案例

- 欧美：科尼赛克
 - 外气动计算



- 车辆布置采用**标准风洞**位置；
- 考虑路面状况；
- 考虑车轮运动状况；
- 考虑风洞周边墙壁状况。



外气动计算成功案例

■ 欧美：CV Group

➢ 商用车



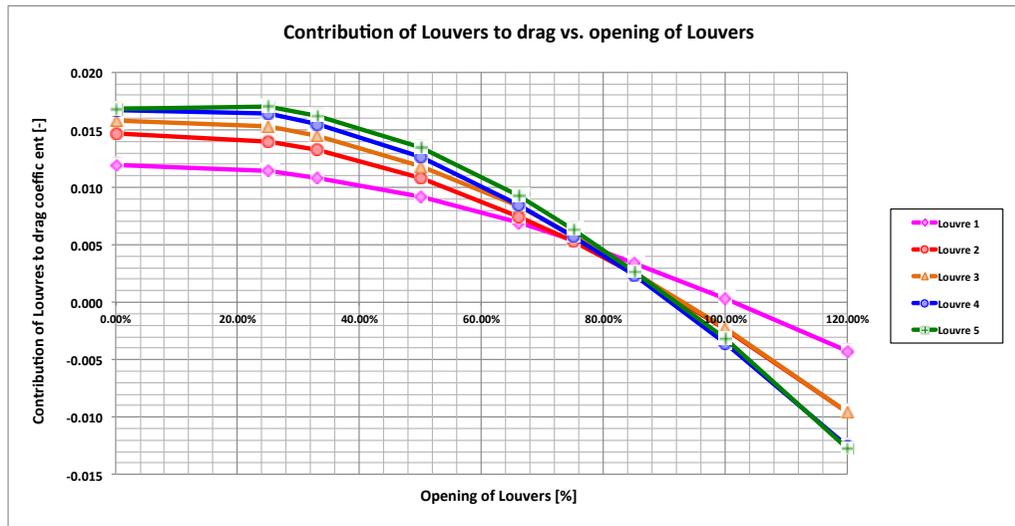
- 自动化的前进风隔栅控制对于优化前隔栅进风量以保证发动机舱内的热状况很有必要；
- 在高速情况下进风口面积自动减小以减少进风量，在发动机负荷大(温度高)的情况下可以自动增大以增大进风量；
- 进风量同时也会影响整车的风阻；
- 本项目中分析了5个隔栅开口的影响，通过研究结果获得风阻和机舱冷却的平衡关系。



外气动计算成功案例

■ 欧美：CV Group

➤ 商用车



- 通过计算结果可以分析出5组隔栅对风阻和机舱散热影响的敏感度



外气动计算成功案例

■ 欧美：兰博基尼

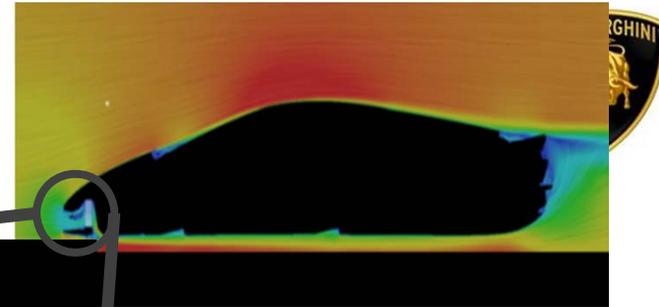
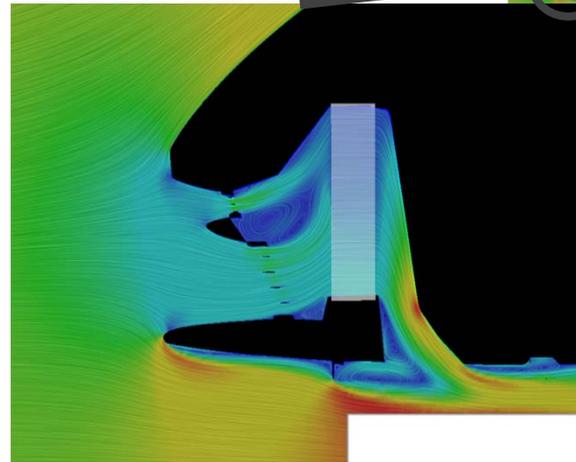
➢ 超级跑车：优化减阻



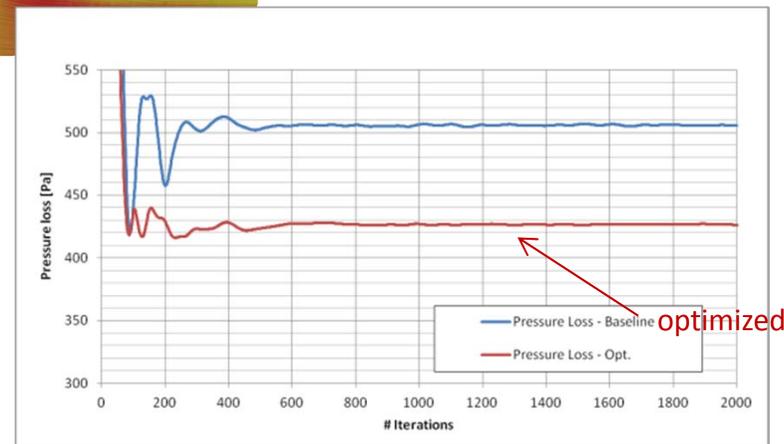
- 优化目标 – 优化狭小空间内散热器的流动
- 通过一系列子模型计算采用点和面自动获得计算域的封闭状况
- 对子模型采用拓扑优化策略
- 子模型的速度场来自全局的速度场
- 全局模型和子模型具有一致的封闭单元(孔隙率)
- 计算结果减少了**15 %**的压降!

外气动计算成功案例

- 欧美：兰博基尼
 - 超级跑车：优化减阻

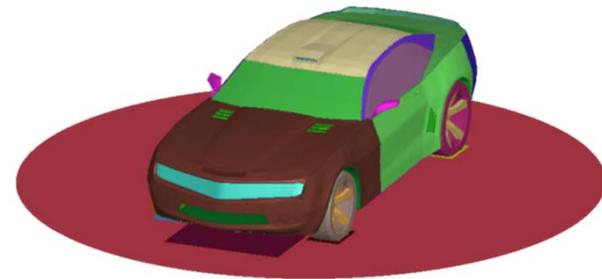


15% 的压降而流量仅下降 8%



目录

- 开源CFD代码及其应用特色
- IDAJ开源CFD解决方案 -- iconCFD
 - 工程化的开源CFD代码
 - 最新版本功能
 - 辅助前/后处理工具Ennova
 - 客户分布
 - 外气动计算成功案例
- 搭建“CFD数值风洞”
 - 什么是CFD数值风洞
 - 利用iconCFD搭建的优势
- 进排气道自动化CFD分析系统
- 总结



搭建“CFD数值风洞”

- 随着对燃油经济性要求的提高，对整车空气动力学性能的要求也随之不断提高，风洞试验已经被越来越多的厂商采用，试验车型已经由高级车不断扩展到家用轿车。国内已经成立了多家风洞试验中心。
- CFD数值风洞作为一种对风洞试验的配套手段，有助于提升风洞试验中心的研发实力，从软件和硬件两个方面为客户提供丰富的预案。

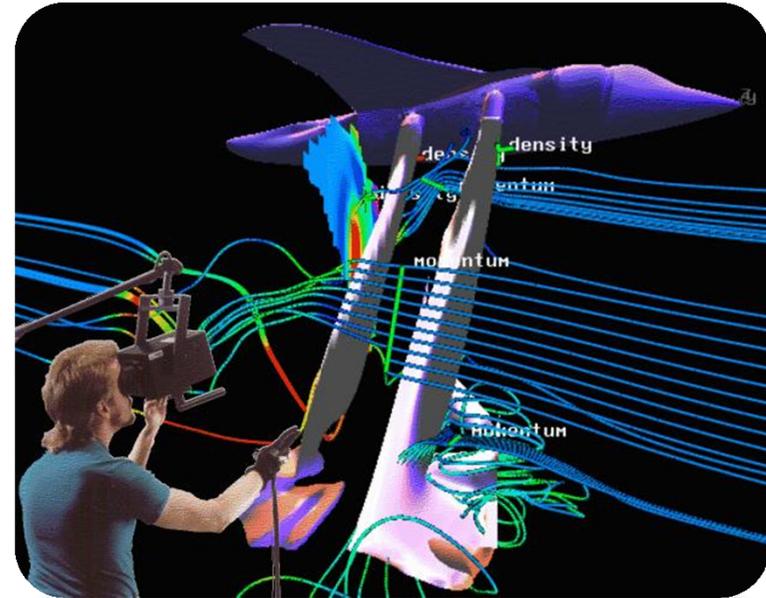


图 同济大学上海地面交通工具风洞中心

搭建“CFD数值风洞”

■ 什么是CFD数值风洞

- 通过CFD手段对风洞试验过程进行计算机仿真；
- CFD模型尺度完全再现试验尺度；
- 通过高精度的仿真模型模拟试验过程中的复杂空气动力学现象；
- 根据风洞的用途和特色开发针对性的功能模块
 - 地面处理/轮胎姿态处理
 - 外气动/环境舱等
- 大规模计算



<http://www.nas.nasa.gov/Software/VWT/>

- 目前国际主要整车厂商都开始为其风洞试验配套搭建CFD数值风洞。

利用iconCFD搭建的优势

- **高精度：** 随着对整车真实尺寸高精度CFD仿真结果的需求不断提高，在仿真中考虑风洞的实际状况变得越来越重要；
 - 地面边界层处理方式；
 - 皮带轮运动方式；
 - 车辆的偏转角
 - 车身高度
 - 测试风速
 - 隔栅开启状态等
- IDAJ在日本和欧洲已经基于iconCFD为成功的为客户开发了相应的外气动风洞试验CFD计算解决方案，所开发的数值风洞封装了外气动计算相关的工程经验。

利用iconCFD搭建的优势

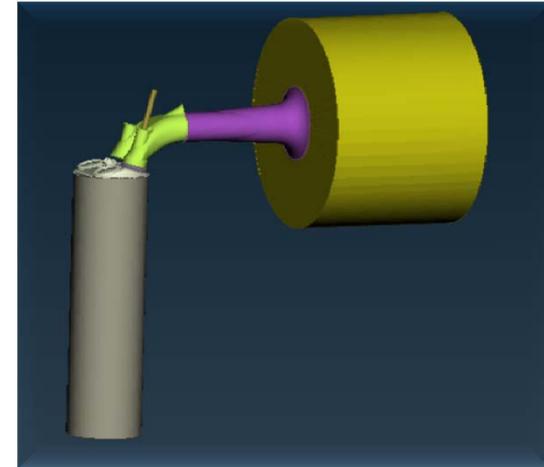
- **专用性：**数值风洞计算涉及复杂的湍流模型，需要专门的湍流模型以及相关的物理模型，但并不需要一些其他复杂物理模型如燃烧等，同时需要对计算结果进行专门的后处理，获得阻力系数，升力系数等专门数据
 - 专用的湍流计算模型：RANS/DES等
 - 专用的后处理数据：Cd, Cl等
- 基于iconCFD的模块可定制化，可以选择其外气动计算模块功能来搭建数值风洞，而不必像商业软件那样具备大量不需要的功能。另外iconCFD还可以根据计算需要，定制所需的后处理功能输出外气动性能结果。

利用iconCFD搭建的优势

- **易用性：** 数值风洞的使用要考虑体网格生成的难度，以及对建模过程中数值风洞计算涉及复杂的湍流模型，需要专门的湍流计算能力
 - CFD模型体网格生成尽可能简单
 - 能适用于多工况计算
- iconCFD的体网格功能对初始表面的要求大大低于商业软件，显著提升了数值风洞的通用和易用性，用户可以随时更新车辆的姿态，而无需像使用商业软件那样重构表面网格。同时iconCFD还具备多工况批处理功能，方便用户进行大量计算，一次设定反复使用。

目录

- 开源CFD代码及其应用特色
- IDAJ开源CFD解决方案 -- iconCFD
 - 工程化的开源CFD代码
 - 最新版本功能
 - 辅助前/后处理工具Ennova
 - 客户分布
 - 外气动计算成功案例
- 搭建“CFD数值风洞”
 - 什么是CFD数值风洞
 - 利用iconCFD搭建的优势
- 开发进排气道自动化CFD分析系统
- 总结

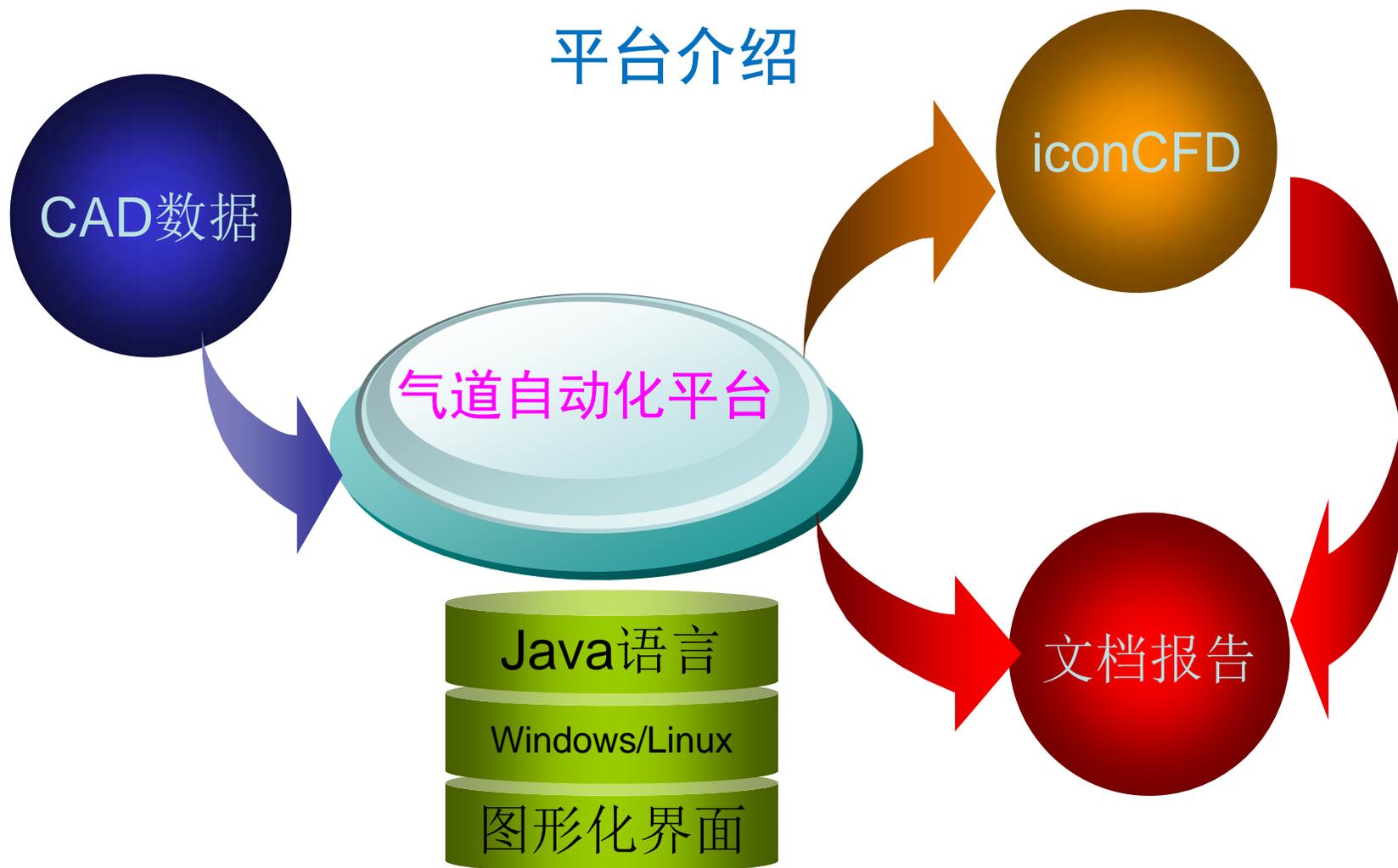


进排气道自动化CFD分析系统介绍

- 开发工具: JAVA/C++
- 求解器: iconCFD
- 分析对象: 发动机进排气道
- 平台可实现功能:
 - 自动读取用户准备的**CAD**数据（包括气门、进排气道和进排气歧管等）；
 - 使用用户设定的参数进行自动化的求解域提取、面网格处理和体网格生成、模型设定、求解计算和后处理，最后自动生成结果报告文件；
 - 从**CAD**数据的读入到结果报告的生成，其间完全不需要用户干预，是一个完全自动化的过程

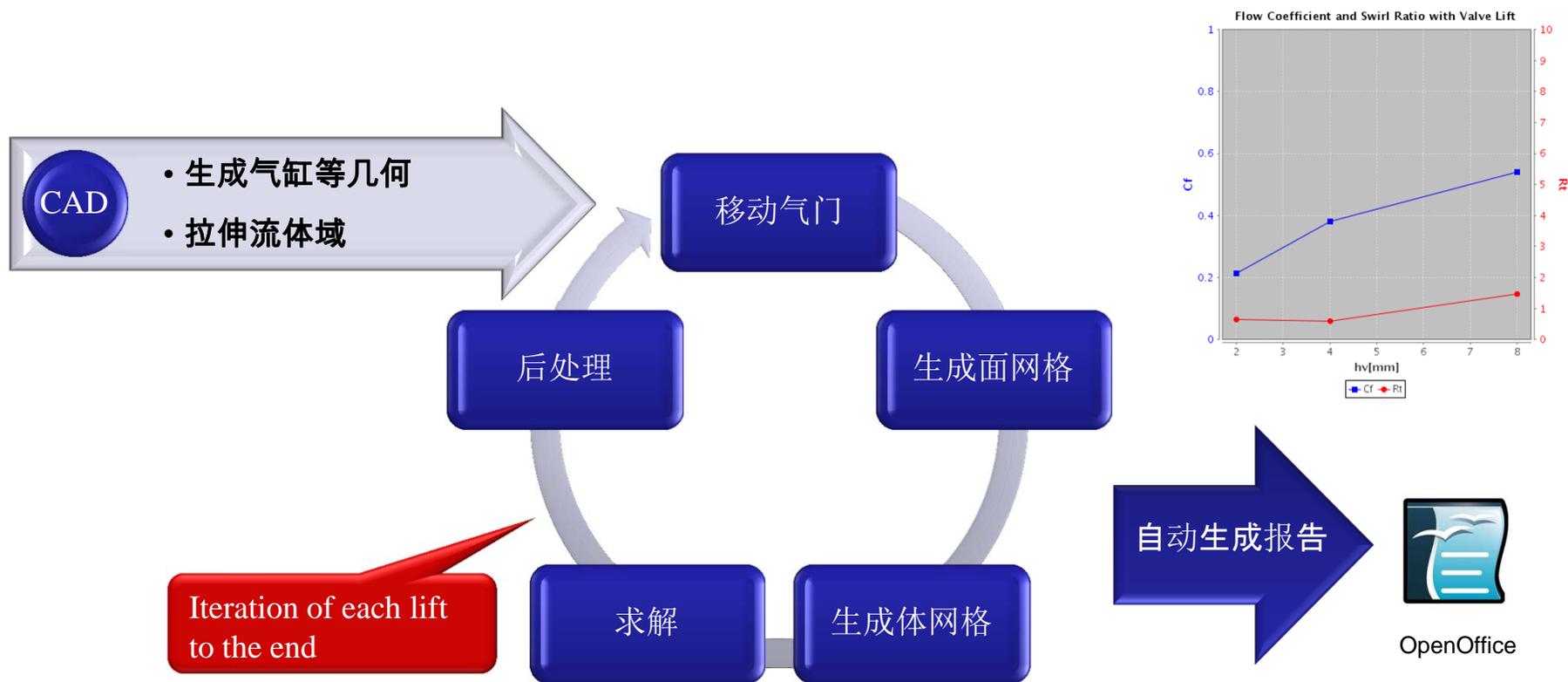
进排气道自动化CFD分析系统介绍

平台介绍



进排气道自动化CFD分析系统介绍

系统流程



为什么要开发进排气道自动化CFD分析系统？

气道仿真所遇到的问题

精确气道仿真的网格尺寸和物理模型？

仿真结果的后处理
标准化文档？

上百个类似仿真如何实施？

设计人员如何使用
仿真工具？

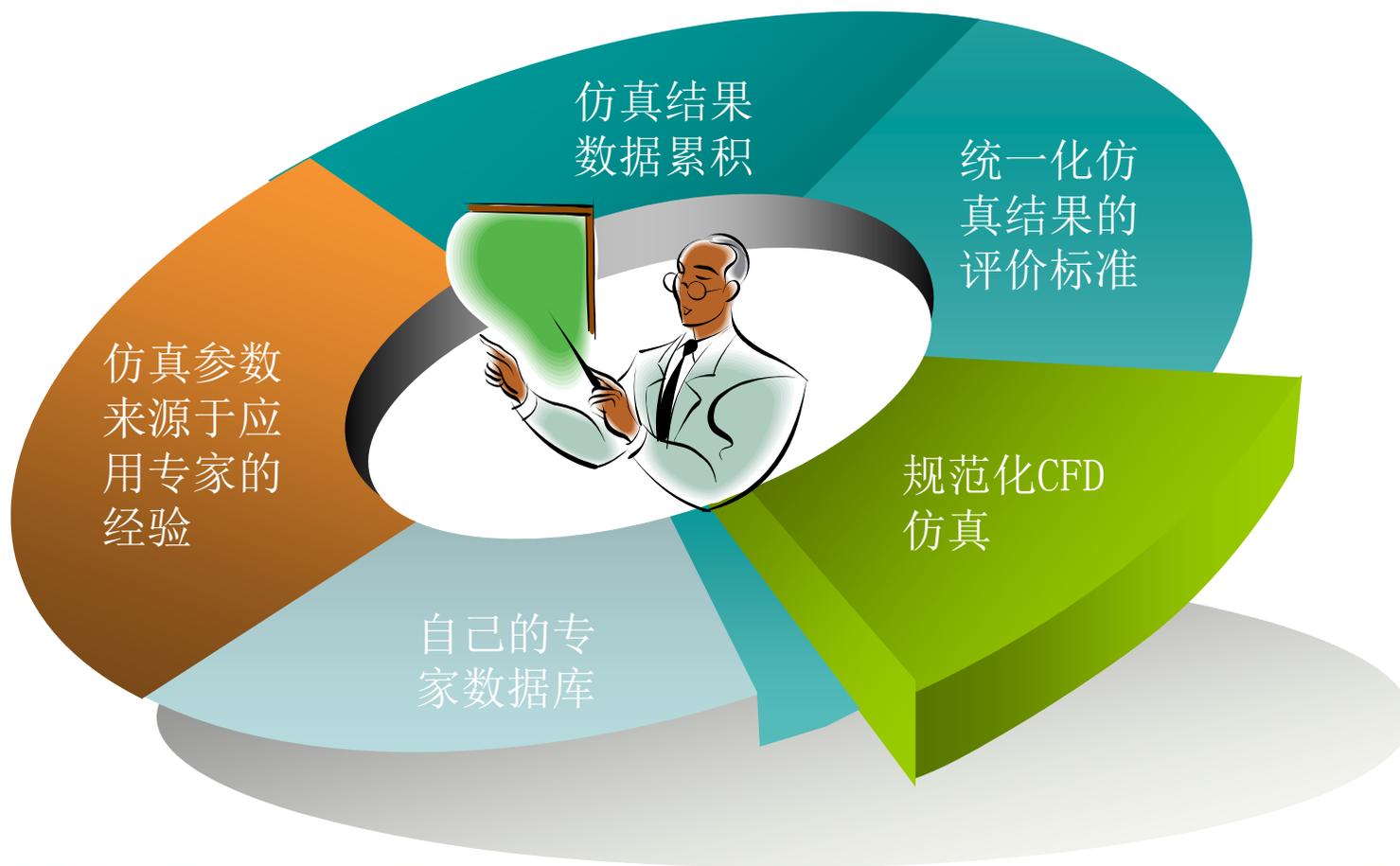
以前的经验如何快速应用于新的仿真中？

新员工如何得到准确的仿真结果？



为什么要开发进排气道自动化CFD分析系统？

气道自动化平台的优势~1：专家经验的应用



为什么要开发进排气道自动化CFD分析系统？

气道自动化平台的优势~2：整体效率的提高



为什么要开发进排气道自动化CFD分析系统？

气道自动化平台的优势~3：仿真数据的统一管理

仿真数据的统一高效管理

设计经验的数据库



进排气道自动化CFD分析系统的模拟功能

柴油机
进气道
涡流
CFD分析

汽油机
进气道
涡流
CFD分析

汽油机
进气道
滚流
CFD分析

柴油机
排气道
CFD分析

汽油机
排气道
CFD分析

目录

- 开源CFD代码及其应用特色
- IDAJ开源CFD解决方案 -- iconCFD
 - 工程化的开源CFD代码
 - 最新版本功能
 - 辅助前/后处理工具Ennova
 - 客户分布
 - 外气动计算成功案例
- 搭建“CFD数值风洞”
 - 什么是CFD数值风洞
 - 利用iconCFD搭建的优势
- 开发进排气道自动化CFD分析系统
- 总结



总结

- 开源CFD代码已经成功的应用与空气动力学仿真中！
- iconCFD的特色：
 - 工程化：具备完善的工程应用计算能力
 - 更好的稳定性和精度：经过大量案例验证
 - 适合开发定制：模块化的架构
- CFD数值风洞 | 进排气道自动化CFD分析系统解决方案
 - IDAJ携手ICON公司基于多年的外气动仿真工程经验的整合；
 - 成熟的搭建方案
 - 根据客户需求定制

谢谢！
联系我们~

艾迪捷信息科技(上海)有限公司

网址: www.idaj.cn

技术支持邮箱: support@idaj.cn

北京分公司

地址: 北京市朝阳区光华路甲14号诺安基金大厦1601室, 100020

电话: 010-65881497/98 传真: 010-65881499

上海分公司

地址: 上海市张杨路620号中融恒瑞东楼2001室

电话: 021-50588290/91 传真: 021-50588292